

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-19790

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月26日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

B 2 3 K 31/00

B 2 3 K 31/00

B

9/04

9/04

S

9/14

9/14

E

Z

C 2 1 D 9/50

1 0 1

C 2 1 D 9/50

1 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平10-98598

(22) 出願日

平成10年(1998) 4月10日

(31) 優先権主張番号

0 8 / 8 4 3 1 7 5

(32) 優先日

1997年 4月14日

(33) 優先権主張国

米国 (U S)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ

GENERAL ELECTRIC CO  
MPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
クタデイ、リバーロード、1番

(72) 発明者

ジェラルド・リチャード・クローマー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフ  
トン・パーク、ウィーラー・ドライブ、11  
番

(74) 代理人

弁理士 生沼 徳二

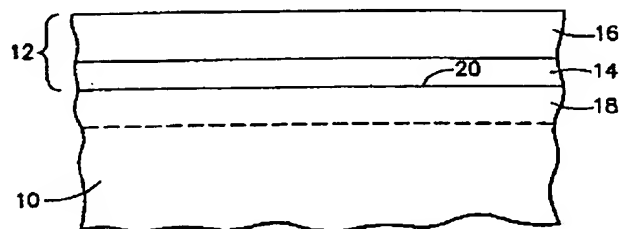
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接補修方法並びに該方法で補修された物品

(57) 【要約】

【課題】 低合金鋼の溶接補修法の提供。

【解決手段】 物品表面に第一溶接補修部14を溶着する。その際、第一溶接補修部14の溶着面の下に微結晶粒度のHAZ18が形成される。次に、第一溶接補修部14及びそれに隣接するHAZ18の少なくとも一部分を母材のA<sub>1</sub>を上回る温度で局所的に熱処理する。その結果、第一溶接補修部14及びHAZ18の当初の結晶粒組織が妥当な硬さの微結晶粒組織で完全に置き換わる。その後、第一溶接補修部14の上に1以上の追加溶接補修層16を溶着する。第一溶接補修部14は、追加溶接補修層16溶着時に母材内での追加HAZの形成を避けるため、十分な厚さをもつように形成される。追加溶接補修層16又は物品全体の溶接後熱処理を行わなくても、本発明の方法は母材10の機械的及び環境的性質に匹敵もしくはそれらを上回る性質を呈する補修溶接部を与える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 合金鋼製の物品の補修方法にして、当該方法が上記物品の表面下に HAZ を形成すべく物品の表面上に少なくとも第一の溶接補修層を溶着する段階、上記第一溶接補修層及び該第一溶接補修層に隣接する HAZ の少なくとも一部分を上記合金鋼製の物品の臨界温度  $A_1$  を上回る温度で局所的に熱処理する段階、物品の表面にそれ以上の追加 HAZ を形成することなく、上記第一溶接補修層の上に 1 以上の追加溶接補修層を溶着する段階、及び追加溶接補修層の溶着段階後に該追加溶接補修層の溶接後熱処理を行うことなく物品を使用に付す段階を含んでなる方法。

【請求項 2】 第一溶接補修層が CrMo 低合金鋼である、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 低合金鋼製の物品の補修方法にして、当該方法が上記物品の基底面を固定すべく物品の表面部分を除去する段階、

上記基底面上に CrMo 低合金鋼からなる厚さ約 4 ～ 約 8 mm の第一溶接補修部及び基底面下の物品内部に HAZ を形成すべく基底面上に 1 以上の溶接補修層を溶着する段階、

上記第一溶接補修部及び該第一溶接補修部に隣接する HAZ の少なくとも一部分を約 1500 ° F ～ 約 1600 ° F の温度で局所的に熱処理する段階、

基底面にそれ以上の追加 HAZ を形成することなく、上記第一溶接補修部の上に CrMo 低合金鋼の充填溶接層を溶着する段階、及び充填溶接層の溶着段階後に該充填溶接層の溶接後熱処理を行うことなく物品を処理して物品を使用に付す段階を含んでなる方法。

【請求項 4】 前記溶着段階の各々が被覆アーク溶接技術を伴う、請求項 3 記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は溶接方法に関する。より具体的には、本発明は合金鋼製の物品を溶接補修するための方法であって、物品の完全な溶接後熱処理を避け、溶接補修を完了する前に溶接補修部のある限られた中間領域に局所的熱処理技術を適用した方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 クロム・モリブデン (CrMo) 低合金鋼及びクロム・モリブデン・バナジウム (CrMoV) 低合金鋼は蒸気タービンの部品及びその他の動力装置用途に広く使用されている。これらの合金は、蒸気タービン部品の過酷な作動条件のため、クリープ及び疲労特性をある程度基準にして選択されてきた。CrMo 及び CrMoV 鋼製の蒸気タービン部品は長い運用寿命を呈するものの、摩耗、エロージョン、腐食、衝撃、疲労及び/又は超過ストレスが起きて、部品の補修又は交換が必要になることがある。従前、CrMo 及び CrMoV 製部品の補修は溶接によって行われることが多く、部品の

損傷部を除去してその場所に鋼溶接部がビルドアップされる。補修後、溶接補修プロセスで誘起された応力を除去するとともに硬化溶接熱影響部を焼もどして元の合金に近い性質を発現させるため、部品に溶接後熱処理 (PWHT) を施すのが慣例であった。

【0003】 溶接のままの CrMoV 合金と溶接後熱処理した CrMoV 合金の硬さを対比したデータを図 2 に示す。硬さは溶接部の熱影響部 (HAZ) 内で測定される。HAZ では、母材の化学組成は溶接作業では概ね変わらないが、溶接中の激しい熱サイクルの結果マイクロ組織にかなりの変化が起こっている。このようなマイクロ組織の変化による影響の一つが HAZ 内でかなりの硬化が起こることである。図 2 では、HAZ 内部での硬さを融合線 (本明細書では溶接補修材料と部品の母材との境界として定義される) からの距離との関係で示した。溶接で誘起される硬さはクリープ及び疲労特性に有害であるので、溶接補修部品でそうした望ましい性質を増進するために溶接後熱処理が必要であることを図 2 は明示している。

【0004】 従前、溶接後熱処理は、部品全体を合金の臨界温度「 $A_1$ 」未満の温度に加熱することを必須としていた。ここで、 $A_1$  は当技術分野では鉄-炭素平衡状態図の面心立方格子結晶構造 (オーステナイト) の下限として定義される。このプロセスの短所は、熱処理作業のコスト、作業の遂行に要する時間、並びに部品の変形の可能性である。このような短所は、蒸気タービンの CrMoV タービン下部ケーシングのような一段と厳しい耐クリープ性条件をもつ高温部品の補修においては特に問題である。こうした部品を溶接後熱処理のために取り外すのは、切断と再溶接を要する配管の接続、補修後のタービンの再心合せなどのために、経費と時間がかかる。しかし、溶接後熱処理を行わずにかかる部品を補修すると概して不都合な結果に終わり、現場 (in situ) で溶接後熱処理を行うという様々な試みはケーシングを変形させる傾向がある。

【0005】 当然に、溶接後熱処理を要しない溶加材を使った様々な溶接補修技術が提案されてきた。しかし、溶接後熱処理を行う溶接補修のほうが概して優れた性質を呈するので、こうした技術は概ね一時的な補修並びに重要でない用途に限られている。溶接後熱処理を行わずに溶接補修を行うための他の代替法としてテンパービード溶接 (temperbead welding) 技術があるが、この方法では慎重に管理された溶接順序で、前に溶着した溶接ビードによる HAZ の硬化部分に溶着した溶接ビードによる HAZ の好適温度域を重ね合わせるによりある程度の焼もどしを与える。かかる技術は、HAZ における硬質金属組織に有益な軟化をもたらすために実施されてきた。しかし、幾つかの CrMo 及び CrMoV 合金鋼部品に適用すると、図 2 に示すテンパービード技術についてのデータ散乱帯に明示されている通り、望ましくない

H A Z 硬化が見いだされた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】したがって、蒸気タービン部品の作製に使用されるC r M o 及びC r M o V のような低合金鋼に対して、補修部品の溶接後熱処理によらずに、しかも部品の変形を起こすことなく、耐久性のある溶接補修部を生じる信頼性の高い溶接補修技術が必要とされている。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、低合金鋼製の物品を溶接補修するための方法が提供される。当該方法は部品又は部品の溶接補修部全体の完全な溶接後熱処理を必要とせず、したがってかかる処理の実施に伴う不都合が回避される。その代わり、本発明の方法は比較的単純で、物品の母材の機械的及び環境的性質に匹敵する性質をもった補修物品を与える。本発明によれば、当該方法はC r M o 及びC r M o V 低合金鋼の補修に特に適しているが、その用語について当業者が十分理解しているように、その他の低合金鋼にも適用できる。

【0008】本発明の方法には、一般に、物品の表面（典型的には物品の損傷部分を取り除くことによって露出された物品の母材部分）の上に1又はそれ以上の層からなる第一溶接補修部を溶着する段階が含まれる。露出面は、母材中の開先もしくは空隙で固定し得るし、さもなければ物品の損傷部を適切に取り除いて溶接プロセスを容易化及び／又は得られる溶接補修部を向上させるどんな形状又は形態を有していてもよい。第一溶接補修部の溶着中に、物品の表面下の物品内部に硬化熱影響部（H A Z）が形成される。次いで、第一溶接補修部及び該第一溶接補修部に隣接するH A Z の少なくとも一部分を母材の臨界温度（すなわち、該合金の鉄-炭素平衡状態図のオーステナイト相領域の下限）を上回る温度で局所的に熱処理する。本発明では、C r M o 及びC r M o V 合金についての好ましい最低温度は約1500° F（約815℃）であり、最高温度はH A Z における過度の結晶粒成長を防止するため約1600° F（約870℃）である。この局所的熱処理の結果、第一溶接補修部及びH A Z の当初の結晶粒組織が妥当な硬さの微結晶粒組織で完全に置き換わる。しかる後に、第一溶接補修部の上に1以上の追加溶接補修層を溶着する。本発明によれば、第一溶接補修部は、追加溶接補修層の溶着時に物品の母材内に追加H A Z が形成するのを避けるため、十分な厚さをもつように計画的に形成される。

【0009】本発明によれば、上記の方法は、意外にも、物品の母材の機械的及び環境的性質に匹敵もしくはそれらを上回る機械的及び環境的性質を呈する補修溶接部をもたらす、長期の運用寿命を有する補修部を与えることが判明した。したがって、追加溶接補修層又は物品全体の溶接後熱処理を行わなくても、物品をさらに加工し、物品を使用に付すことができる。もう一つの利点

は、上記の方法では、各溶接補修層の形成に当たり公知の比較的単純な溶接技術を用いて物品に有益な諸性質を達成できることである。

【0010】本発明のその他の目的及び利点は以下の詳細な説明から明らかになる。

【0011】

【発明の実施の形態】ここで、図面について簡単に説明しておく。図1は本発明で補修した溶接補修部の断面図である。図2は従来技術で補修した低合金鋼の溶接補修部のH A Z 内での硬さの変化を示すグラフである。

【0012】図3は本発明で補修した低合金鋼についての低サイクル疲労データを従来技術で補修した同一の低合金鋼についてのデータと対比したグラフである。図1に、本発明にしたがって補修した低合金鋼の物品の断面図を示す。かかる物品の一例は蒸気タービンの部品であるが、その他多種多様な物品も本発明の方法で補修することができる。図1に示す通り、物品は一般に母材10を含んでおり、その上に、損傷部分が取り除かれた後の物品をその元の寸法に復元すべく、溶接補修部12がビルドアップされている。溶接補修部12は一般に母材10の表面に溶着した1又はそれ以上の溶接補修層を含んでいて、サーフェシング溶接補修部14を与える。次に、充填溶接補修部16がサーフェシング溶接補修部14上に溶着した状態で示してある。サーフェシング溶接補修部14と母材10の境界を溶接補修部12の融合線20と呼ぶ。本発明によれば、蒸気タービン部品の製造に使われるタイプのC r M o V 及びC r M o 合金（その一例は、1.25C r -1M o -0.25V（重量%単位）である）を補修するときの、溶接補修部14及び溶接層16に好適な材料としてはC r M o 及びC r M o V 合金が挙げられる。特に好適なC r M o 合金は、重量%単位で、クロム約0.5%、モリブデン約1.0%、炭素約0.05%以下、さらに少量のその他の元素という公称組成を有するものである。本発明によれば、補修合金の炭素含有量が低いことが許容できる溶接のままでの高温特性(as-welded high temperature properties)を達成するために特に重要である。

【0013】本発明を完成へと導いた研究において、テンパービード技術をC r M o V 鋼に対して実施してできるH A Z で好ましくからざる硬化が発生するのは、こうした鋼に特有の二次硬化の結果であり、十分な焼もどし温度での保持時間が短すぎることを示しているとの結論を得た。この問題の解決手段として、本発明は、母材10に直接隣接する溶接部のある限られた部分に局所的熱処理を適用すると、母材10のH A Z 18の性質を改善するのに十分な保持時間を与えることができるという知見に基づいている。母材合金の臨界温度「A<sub>1</sub>」を上回る温度を用いた試験で、従来の応力除去温度を用いた試験（すなわち、母材合金のA<sub>1</sub>未満の温度での溶接後熱処理）に比べて劇的な改善がみられた。

【0014】本発明による低合金鋼製品の好ましい補修方法では、一般に、物品の損傷部分を完全に取り除く。次に、母材10の新たな露出面に1又はそれ以上の溶接層を被覆アーク溶接(SMAW)のような好適な溶接技術を用いて溶着することによってサーフェシング溶接補修部14を形成する。ただし、被覆アーク溶接法以外の他の技術も使用できると予想される。母材10にサーフェシング溶接補修部14を溶着するプロセスで図1に示すようなHAZ18が生じる。1.25Cr-1Mo-0.25VのようなCrMo及びCrMoV合金の補修に関して、サーフェシング溶接補修部14に適した材料はCrMo低合金鋼であり、特に上述の0.05%以下の低炭素含有量の0.5Cr-1Mo合金である。

【0015】サーフェシング溶接補修部14の全体の厚さは、該溶接補修部14とその下層のHAZ18の局所的熱処理が容易に達成できてしかも次に溶着される充填溶接層16で母材10に追加HAZが生じることのないように選択される。次に、局所的熱処理を溶接補修部14とHAZ18に対して実施する。CrMo又はCrMoV合金では、臨界温度 $A_1$ は約1370°F(約745°C)である。したがって、本発明では、熱処理は約1420°F(約770°C)以上の温度で実施され、好ましくは約1500°F(約815°C)〜約1600°F(約870°C)の温度で実施される。この熱処理段階の好適な実施時間は約15分以内であるが、それより長い時間も可能であると予想される。この温度範囲内、サーフェシング溶接補修部14の好適な厚さは約4〜約8mmである。

【0016】重要なことに、本プロセスのこの段階における補修部の金属学的検査で、サーフェシング溶接補修部14及びHAZ18が約365ヌーブ以下の硬さ及び約ASTM 6よりも大きくならない結晶粒度を特徴とするのが好ましいことが分かった。熱処理に続いて、充填溶接層16を、被覆アーク溶接のような慣用溶接技術を用いて溶着することができる。CrMo及びCrMoV合金の補修については、上述の低炭素0.5Cr-1Mo合金が好適であることが判明した。

【0017】

【実施例】本発明の検討に当たり、上述の補修方法を製造1.25Cr-1Mo-0.25V合金試験片で実施した。各々の試験片に上述の低炭素0.5Cr-1Mo合金のサーフェシング溶接補修部14を被覆アーク溶接棒を用いて溶着し、試験片の表面にHAZ18を生じた。サーフェシング溶接補修部14及びその下のHAZ18を約1500°F〜約1600°Fの温度、すなわち上記鋼の約1400°F(約760°C)という臨界温度 $A_1$ を上回る温度に、約5〜10分間にわたって局所的にトーチ加熱した。これらの試験片を後で金属学的に検査したところ、その前のHAZ18及びサーフェシング溶接補修部14が妥当な硬さ(概して約365ヌーブ

以下の硬さ)の微結晶粒組織によって完全に置き換わったことが判明した。サーフェシング溶接補修部14の溶着に用いたのと同じ被覆アーク溶接技術を用いて低炭素0.5Cr-1Mo合金の充填溶接層16を形成することにより、溶接補修12を完了した。本発明にしたがって、この充填溶接層16には如何なる溶接後熱処理も施さず、したがって溶接のままの状態にしておいた。

【0018】次に、複数の試験片を無作為に選んで、約1050°F〜約1200°F(約565°C〜約650°C)の範囲内の温度及び約33.6〜約36.6のラーソン・ミラーパラメーター(Larson-Miller parameter)値での破断に対応する荷重でクリープ破断試験を行った。この試験の結果、これらの試験片のクリープ特性は、製造1.25Cr-1Mo-0.25V合金試験片を0.5Cr-1Mo溶加材を用いて慣用法で補修し、次いで合金の臨界温度 $A_1$ 未満で完全な溶接後熱処理を施したものに匹敵していた。

【0019】他の試験片を約1050°F(約565°C)において両振りひずみ及び保持時間なしの条件下での低サイクル疲労試験に付した。比較のため、慣用の0.5Cr-1Mo溶加材(すなわち、炭素含有量約0.07〜約0.15重量%のもの)を使つての慣用溶接補修法を用いて2組の試験片を準備した。そのうちの1組は完全な溶接後熱処理を行ったもので、もう1組は溶接後熱処理を行わなかったものである。この試験の結果を図3に示す。この図から、慣用溶接補修法と完全溶接後熱処理で用意した試験片は、慣用法で補修して溶接後熱処理を行わなかったものよりも格段に優れた挙動を呈することが分かる。最も注目されるのは、本発明にしたがって処理した試験片が、図3に示す通り、慣用法で処理して溶接後熱処理を行った試験片に匹敵或いはそれより優れた低サイクル疲労抵抗性を呈したことである。

【0020】上記から、本発明の補修プロセスで確かな補修部が得られ、本発明で補修した低合金鋼部品が慣用補修方法で補修して慣用の完全溶接後熱処理を行った低合金鋼部品に匹敵する運用寿命を呈するものと期待できる。本発明を好ましい実施形態をもって説明してきたが、その他の諸形態を採用できることは当業者には自明である。よって、本発明の技術的範囲は特許請求の範囲によってのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明で補修した溶接補修部の断面図

【図2】 従来技術で補修した低合金鋼の溶接補修部のHAZ内での硬さの変化を示すグラフ

【図3】 本発明で補修した低合金鋼についての低サイクル疲労データを従来技術で補修した同一の低合金鋼についてのデータと対比したグラフ

【符号の説明】

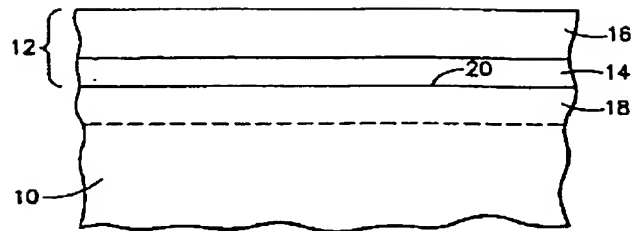
10 母材

12 溶接補修部

14 サーフェシング溶接補修部

16 充填溶接補修部

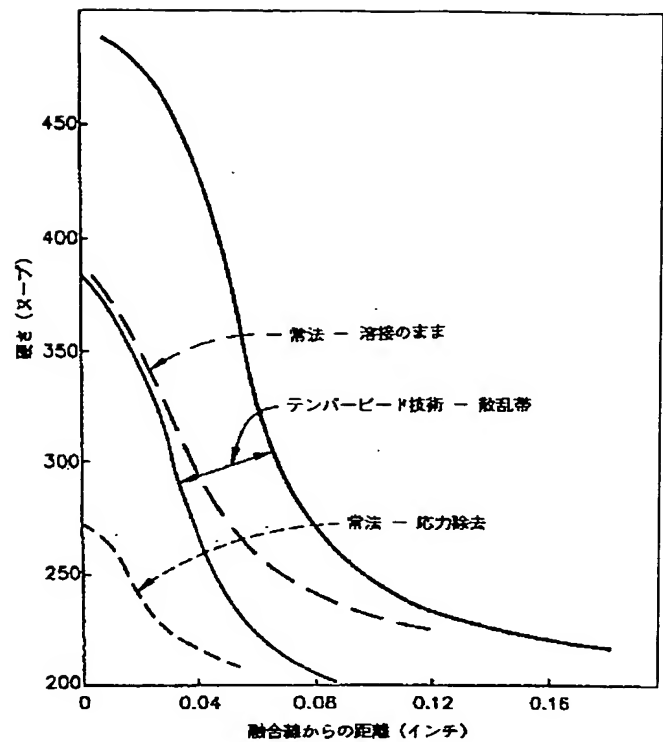
【図1】



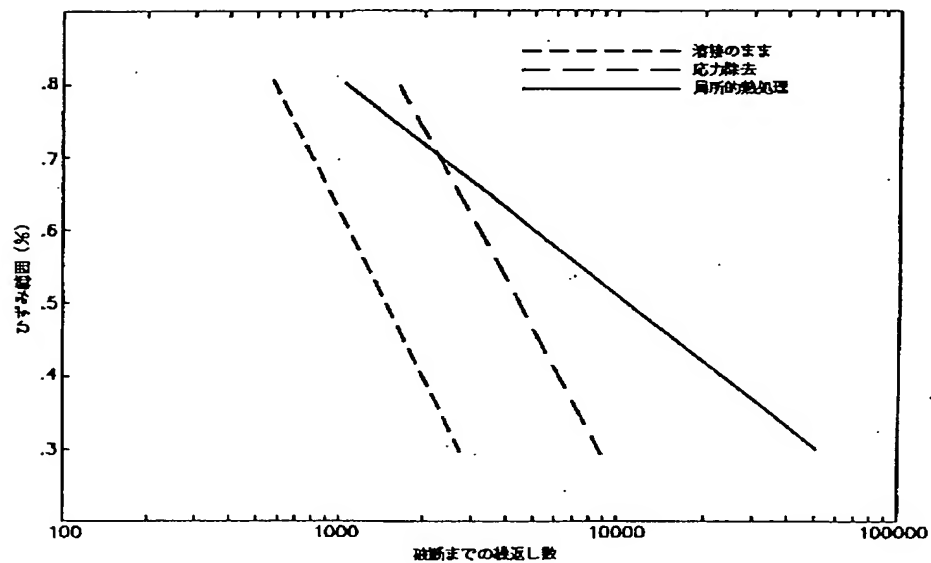
18 HAZ

20 融合線

【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・フランシス・ノラン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、レイサ  
ム、サウス・スパロウブッシュ・ロード、  
45番